

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Институт технологий и инженерной механики
Кафедра «Технология машиностроения и инженерный консалтинг»**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Могильная Е.П.



2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ДИНАМИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

По направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

Профиль: «Технологии прототипирования машиностроительных объектов»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Динамика технологических систем» по направлению подготовки 15.03.01. «Машиностроение» профиль «Технологии прототипирования машиностроительных объектов» – ___ с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Динамика технологических систем» по направлению подготовки составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 года № 727.

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Муховатый А.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга «5» 09 2023 г., протокол № 1

Заведующая кафедрой

технологии машиностроения и инженерного консалтинга Ясуник С.Н.

Переутверждена: «___» _____ 20___ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института _____
«12» 09 2023 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической
комиссии института _____

Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины: формирование знаний о связях (механических, физических, размерных, временных, информационных, экономических и организационных) и закономерностях движения технологической системы в процессе механической обработки; совершенствование существующих и создание новых технологических процессов и методов обработки изделий машиностроения требуемого качества с минимальными затратами труда, материальных и энергетических ресурсов.

Задачи:

- изучение теоретических основ динамики машин и механизмов;
- изучение задач устойчивости и автоколебаний в технологических системах
- изучение влияния динамических свойств технологических систем на обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин и изделий машиностроения;
- разработка методов практических расчетов динамических моделей, отражающих основные свойства реальных машин;
- применение полученных знаний при осуществлении научных исследований в области динамики технологических систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Динамика технологических систем» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основных естественнонаучных законов и закономерностей, используемых в процессе изготовления продукции и производства изделий требуемого качества, основных понятий и методов решения оптимизационных задач, умения использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, навыки применения современного математического инструментария для решения задач в профессиональной деятельности; умением оценивать результаты измерений; математическими методами и программными средствами. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в	ОПК-1.1. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности.	Знать: методику проектирования технологических процессов и динамических систем; методологию формирования современной

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
профессиональной деятельности	ОПК-1.2. Применяет современные методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	технологической базы знаний; этапы жизненного цикла машин и технологических систем.
		Уметь: применять общие методы для решения задач проектирования современных технологических систем; анализировать существующие и проектировать новые технологические системы; применять методы для решения задач проектирования современной технологических систем; способность представлять научные результаты.
		Владеть: навыками выбора технологических систем; современными методами расчета динамики технологических систем; методами решения инженерных задач; навыками формализации задач различных этапов технологического проектирования и уметь использовать прогрессивные методы разработки.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего) в том числе:	51	12
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	-	-

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	57	96
Форма аттестации	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Теоретические основы динамики машин и механизмов.

Общие сведения о машинах и механизмах. Задачи динамики. Основные виды плоских рычажных механизмов. Характеристика сил, действующих на звенья механизма. Режимы движения механизмов, их энергетическая характеристика. Приведение сил и масс. Одномассовая динамическая модель. Графоаналитическое решение основного уравнения движения. Определение закона движения начального звена. Определение параметров маховика по заданному коэффициенту неравномерности движения

Тема 2. Решение задач динамики машин без учета сил упругости.

Определение моментов сил в установившемся режиме. Определение моментов при разгоне и торможении механизмов подъема и перемещения крана. Динамические процессы в механизмах поворота. Режим пуска. Режим торможения. Динамические нагрузки, вызванные отклонением канатов от вертикали.

Тема 3. Решение задач динамики машин с учетом сил упругости.

Основные теоретические положения. Виды динамических нагрузок, действующих на механизмы кранов. Определение динамических нагрузок механизмов для различных вариантов подъема груза.

Тема 4. Классификация колебательных систем и колебательных процессов

Классификация колебаний по кинематическому признаку. Классификация колебаний по виду возбуждения колебаний. Классификация колебаний по виду движения. Классификация колебаний по виду динамической модели. Классификация колебаний по виду математической модели. Классификация колебаний по энергетическому признаку. Структура динамического расчета колебательной системы

Тема 5. Малые колебания консервативной механической системы относительно положения устойчивого равновесия.

Три случая равновесия механической системы. Действие восстанавливающей квазиупругой силы при отклонении устойчивой системы от положения равновесия. Динамический анализ консервативной системы с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Примеры простейших гармонических осцилляторов.

Тема 6. Энергетический метод определения частот и составления уравнений колебаний.

Общее условие гармоничности колебаний. Способы определения частоты энергетическим методом. Примеры решения задач энергетическим методом. Метод Релея. Учет распределенных масс колебательной системы. Собственные колебания в системах с одной степенью свободы. Вынужденные колебания. Колебательные системы с двумя степенями свободы. Связанные колебания.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Теоретические основы динамики машин и механизмов	4	2
2	Тема 2. Решение задач динамики машин без учета сил упругости	10	
3	Тема 3. Решение задач динамики машин с учетом сил упругости	6	2
4	Тема 4. Классификация колебательных систем и колебательных процессов	6	4
5	Тема 5. Малые колебания консервативной механической системы относительно положения устойчивого равновесия	10	
6	Тема 6. Энергетический метод определения частот и составления уравнений колебаний	15	
Итого:		51	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Уравнение движения жестких систем	7	2
2	Малые колебания консервативных систем вблизи положения устойчивого равновесия	5	2
3	Виброзащита	5	-
Итого:		17	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Уравнение движения жестких систем	Выполнение типового расчета	27	36
2	Малые колебания консервативных систем вблизи положения устойчивого равновесия	Выполнение типового расчета	15	30

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
3	Виброзащита	Выполнение типового расчета	15	30
Итого:			57	96

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (визуализация, создание электронных учебных материалов), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Эльяш Н.Н. Динамика транспортных и технологических машин: учебное пособие (конспект лекций)/Н.Н. Эльяш. – Екатеринбург, 2016. 52с.
2. Гусев А.Ф. Прикладная теория колебаний: учебное пособие / А.Ф. Гусев, М.В. Новоселова. - Тверь: Тверской государственный технический университет, 2017. - 160 с.
3. Колюбин С.А. Динамика робототехнических систем. Учебное пособие / С.А. Колюбин. — СПб.: Университет ИТМО, 2017. — 117 с.
4. Динамика машин и механизмов в установившемся режиме движения: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Теория механизмов, машин и манипуляторов» / П.П. Анципорович [и др.]. - 7-е изд. - Минск: БНТУ, 2011. - 42 с.
5. Букаткин Р.Н. Краткий курс лекций по теоретической механике: учеб. пособие / Р.Н. Букаткин, Д.В. Корнеев. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 119 с.

б) дополнительная литература:

1. Завершинский И.П. Теория колебаний и волн: учеб. пособие / Я П. Завершинский, ЕЯ. Коган - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, - 2007.-160 с.
2. Сабанаев И.А. Динамика и прочность машин: учебное пособие / И.А. Сабанаев, Ф.М. Алмакаева. – Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2014 –137 с.

3. Леонов И. В. Теория машин и механизмов (основы проектирования по динамическим критериям и показателям экономичности): учеб. пособие/ И.В. Леонов, Д.И. Леонов – М.: Высшее образование, 2008. - 500 с.

4. Степанов А.Г. ДИНАМИКА МАШИН/ А.Г. Степанов - Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 302с.

5. Гидаспов И.А., Динамика самотормозящихся механизмов / И.А. Гидаспов, В.Л. Вейц – Л.: Ид-во Ленингр. ун-та, 1987. -144с.

6. Динамическая прочность в машиностроении /С.В. Серенсен, И.М. Тетельбаум, Н.И. Пригоровский. – 2-е изд. – Москва: Гос. научно-технич. изд-во машинстр. лит-ры, 1945. – 329с.

в) интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются иллюстрирующие механизмы, деформированное и напряженное состояние тел, компьютеры, программное обеспечение, иллюстративные материалы.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
		https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Динамика технологических систем»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-1	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического	ОПК-1.1. Применяет естественнонаучные и общетехнические знания в	Тема 1. Теоретические основы динамики машин и механизмов	6(очное), 7(заочное)
				Тема 2. Решение задач динамики	6(очное),

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
		анализа и моделирования в профессиональной деятельности	профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Применяет современные методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.	машин без учета сил упругости	7(заочное)
				Тема 3. Решение задач динамики машин с учетом сил упругости	6(очное), 7(заочное)
				Тема 4. Классификация колебательных систем и колебательных процессов	6(очное), 7(заочное)
				Тема 5. Малые колебания консервативной механической системы относительно положения устойчивого равновесия	6(очное), 7(заочное)
				Тема 6. Энергетический метод определения частот и составления уравнений колебаний	6(очное), 7(заочное)

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в	ОПК-1.1. Применяет естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности.	Знать: методику проектирования технологических процессов динамических систем; методологию формирования современной	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6.	Индивидуальное задание, вопросы к зачету

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименова ние оценочного средства
	профессионально й деятельности	ОПК-1.2. Применяет современные методы математического анализа и моделирования в профессионально й деятельности.	технологической базы знаний; этапы жизненного цикла машин и технологических систем. Уметь: применять общие методы для решения задач проектирования современных технологических систем; анализировать существующие и проектировать новые технологические системы; применять методы для решения задач проектирования современной технологических систем; способность представлять научные результаты. Владеть: навыками выбора технологических систем; современными методами расчета динамики технологических систем; методами решения инженерных задач; навыками формализации задач различных этапов технологического проектирования и уметь использовать		

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименова ние оценочного средства
			прогрессивные методы разработки.		

Фонды оценочных средств по дисциплине «Динамика технологических систем»

Индивидуальное задание

Тема типового индивидуального задания: «Расчет динамических систем». Контрольная работа выполняется в 6 семестре. В качестве исходных данных в задании представлены схема, массо-габаритные параметры, силовые параметры, геометрические параметры.

Содержание индивидуального задания:

1. Определение уравнения движения жестких систем;
2. Расчет малых колебаний консервативных систем вблизи положения устойчивого равновесия;
3. Определение динамического воздействия на корпус, оказываемое со стороны колеблющегося тела.

Вопросы к зачету

1. Что называют положением устойчивого равновесия механической системы? Приведите примеры механических систем с устойчивым состоянием равновесия.

2. Какие движения совершает механическая система при малых отклонениях от положения устойчивого равновесия?

3. Какое состояние равновесия системы называется неустойчивым, безразличным? Приведите примеры механических систем с различными состояниями равновесия.

4. Какие силы называются восстанавливающими, дестабилизирующими?

5. Какие силы называются квазиупругими?

6. Каков вид зависимости квазиупругой силы от обобщенной координаты?

7. Что называется коэффициентом квазиупругой силы?

8. Охарактеризуйте основные этапы динамического расчета.

9. Что понимают под динамической моделью?

10. Что является критерием адекватности построенной динамической модели?

11. Приведите вывод дифференциального уравнения свободных незатухающих колебаний.
12. Какую роль играют начальные условия при решении дифференциального уравнения?
13. Запишите кинематическое уравнение свободных незатухающих колебаний в общем виде. Расшифруйте обозначения величин, входящих в это уравнение.
14. Запишите кинематическое уравнение свободных незатухающих колебаний в амплитудной форме. Расшифруйте обозначения величин, входящих в это уравнение.
15. От чего зависит циклическая частота ω_0 свободных незатухающих колебаний?
16. От чего зависит амплитуда A свободных незатухающих колебаний?
17. От чего зависит начальная фаза φ_0 свободных незатухающих колебаний?
18. Что понимают под терминами «обобщенная координата» и «обобщенная скорость»?
19. Какие колебания называются гармоническими?
20. Запишите уравнение гармонических колебаний. Дайте определения всем величинам, входящим в это уравнение.
21. Что такое период, частота, циклическая частота гармонических колебаний?
Какая между ними связь?
22. Чему равна амплитуда скорости?
23. Чему равна амплитуда ускорения?
24. Чему равна разность фаз колебаний координаты и скорости?
25. Чему равна разность фаз колебаний координаты и ускорения?
26. Что называется восстанавливающей силой?
27. Чему равна потенциальная энергия системы, совершающей гармонические колебания? Чему равно амплитудное значение потенциальной энергии?
28. Чему равна кинетическая энергия системы, совершающей гармонические колебания? Чему равно амплитудное значение кинетической энергии?
29. Чему равна полная механическая энергия системы, совершающей гармонические колебания?
30. Во сколько раз частота колебаний кинетической и потенциальной энергий отличается от частоты колебаний координаты?
31. Как сложить однонаправленные колебания с помощью метода векторных диаграмм? Когда амплитуда результирующего колебания максимальна, когда минимальна?

32. Запишите уравнение колебания, возникающего при сложении двух колебаний одного направления: $x_1 = \cos(\pi t)$, см; $x_2 = 2 \cos(\pi t + \pi/6)$, см. Постройте векторную диаграмму сложения амплитуд.
33. Что называется биениями? Изобразите биения графически.
34. Что называется периодом биения?
35. В каких пределах меняется амплитуда биений?
36. Как по картине биений установить, что амплитуды двух складываемых колебаний одинаковы?
37. При каком условии биения можно считать условно гармоническим колебанием?
38. В чем заключается гармонический анализ сложных периодических колебаний?
39. Что называется фазовой плоскостью, фазовой траекторией?
40. Изобразите и проанализируйте фазовую траекторию гармонических колебаний.
41. Что представляет собой фазовая диаграмма? Приведите примеры особых точек.
42. Приведите вывод дифференциального уравнения собственных незатухающих колебаний пружинного маятника.
43. От чего зависят частота и период собственных незатухающих колебаний пружинного маятника?
44. От чего зависят амплитуда и начальная фаза собственных незатухающих колебаний пружинного маятника?
45. Зависит ли собственная частота колебаний от направления оси пружины (горизонтальное или вертикальное)?
46. Гирька, подвешенная на пружине, совершает колебания с периодом 0,45 с. Чему будет равна деформация пружины, если остановить колебания и оставить гирьку висеть неподвижно?
47. Приведите вывод дифференциального уравнения собственных незатухающих колебаний крутильного маятника.
48. От чего зависят частота и период собственных незатухающих колебаний крутильного маятника?
49. От чего зависят амплитуда и начальная фаза собственных незатухающих колебаний крутильного маятника?
50. Как изменится собственная частота колебаний крутильного маятника, если диаметр стержня маятника увеличить на 10 %?
51. Приведите вывод дифференциального уравнения собственных незатухающих колебаний физического маятника.
52. Что понимается под линеаризацией дифференциального уравнения?
53. От чего зависят частота и период собственных незатухающих колебаний физического маятника?
54. От чего зависят амплитуда и начальная фаза собственных незатухающих колебаний физического маятника?

55. Зависят ли периоды колебания физического и математического маятников от их массы?

56. Объясните физический смысл приведенной длины физического маятника.

57. При каком условии период колебаний физического маятника равен периоду колебаний математического маятника?

58. Почему формулами расчета частоты и периода, полученными в этой главе, можно пользоваться только в том случае, когда амплитуды колебаний маятников малы?

59. В каких случаях качку тела можно считать гармоническим колебанием?

60. Приведите примеры практического применения формул для расчета частоты и периода гармонических осцилляторов.

61. В чем заключается общее условие гармоничности колебаний?

62. Приведите три способа определения частоты энергетическим методом.

63. В чем заключается метод Релея для расчета частоты собственных колебаний?

64. Как учет массы пружины влияет на величину частоты собственных колебаний пружинного маятника?

65. Чему равна частота колебаний пружины без груза?

66. Как учет момента инерции вала влияет на величину частоты собственных колебаний крутильного маятника?

67. Чему равна частота колебаний вала?

68. Расчет частоты приближенным методом Релея дает завышенное или заниженное значение частоты по сравнению с точным решением?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –

Индивидуальное задание

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме провел расчет по предложенной схеме, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)